

**ДЕЯКІ БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ АДАПТАЦІЇ КУНИЧНИКА
НАЗЕМНОГО (*CALAMAGROSTIS EPIGEIOS* (L.) ROTH)
ДО УМОВ ЕДАФОТОПУ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

В. Баранов¹, С. Бешлей², Я. Телегус³

¹Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна

²Інститут екології Карпат НАН України

вул. Козельницька, 4, Львів 79026, Україна

e-mail: beshley.stepan@gmail.com

³Інститут біології тварин НАН України

вул. Стуса, 38, Львів 79034, Україна

e-mail: inenbiol@mail.lviv.ua

Проведено аналіз вмісту сірки, білка, пулу амінокислот і фенольних сполук в органах кунічника наземного. Показано, що за дії чинників багатofакторного стресу, якими є умови на відвалі (значний вміст важких металів, кислотність і висока температура, практично відсутність органічної маси у субстраті, мала зволоженість), відбуваються значні зміни у нагромадженні цих сполук, що може мати протекторно-адаптаційну роль і бути одним із показників стійкості виду.

Ключові слова: породні відвали вугільних шахт, кунічник наземний, сірка, білок, феноли, амінокислоти.

Породні відвали вугільних шахт займають великі площі та є значними джерелами забруднення оточуючого середовища. Забруднення відбувається як шляхом змиву з опадами, так і за рахунок вітрової ерозії, оскільки аргіліти, з яких в основному складається порода відвалу, є дуже крихкими породами і при руйнуванні дають велику кількість пилу. Однією з перших трав'янистих рослин на субстратах породних відвалів починає рости кунічник наземний (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), який має високу еколого-фітоценотичну амплітуду, є стійкою рослиною до дії негативних мікрокліматичних (зволоження, температура) і едафічних (значний вміст важких металів, сірки, висока кислотність, малий вміст органіки) факторів породних відвалів [7–9]. Причини і механізм стійкості цього виду недостатньо з'ясовані, у зв'язку з чим актуальним є вивчення метаболізму *C. epigeios*, який дає йому змогу виживати в цих екстремальних умовах техногенно навантажених територій. Механізмами пристосування можуть бути зміни метаболізму рослини і нейтралізації тим чи іншим шляхом токсичних речовин, які надходять зі субстратів у клітини рослин. Субстрат відвалів містить значну кількість сірки, яка утворюється під час розкладу піриту. Тому необхідно було дослідити її надходження й розподіл в органах кунічника наземного, оскільки вона може виступати як компонентом метаболізму, так і токсикантом. Одними із найбільш активних і лабільних учасників метаболізму рослин є амінокислоти (АК). Їхні зміни за дії різних видів стресів є цікаві для дослідження адаптивних можливостей виду, оскільки вони не лише беруть участь в азотному обміні, підтримці осмотичного потенціалу клітин, але й виконують різноманітні регуляторні та протекторні функції. Зміни вмісту вільних амінокислот, як і інших сполук (вуглеводів, пептидів, бетаїнів) за дії стресів мають неспецифічний характер, оскільки вони спостерігаються за дії різних видів стресу: водного, сольового, дії важких металів, температури тощо [1, 18, 25]. В основному вивчення змін пулу вільних

амінокислот проводили при вивченні одного або небагатьох видів стресу, тоді як умови для росту рослин на породних відвалах є цілим комплексом стресових факторів [3, 5, 6].

Матеріали та методи

Об'єктом дослідження був *C. epigeios*. Для аналізів відбирали рослини на породному відвалі Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) та в оточуючому ЦЗФ лісі (соснові насадження) на відстані 2 км від відвалу, які вважалися за контроль (відносно чиста територія). Домінуючими субстратами відвалу є чорна (неперегоріла) і червона (перегоріла) породи. Золю отримували спалюванням у муфельній печі при температурі 450°C. Вміст сірки у золі рослин визначали спектрофотометричним методом [21]. Визначення загального вмісту фенольних сполук (ФС) проводили з використанням реактиву Фоліна-Деніса. До 1 мл дослідного розчину додавали 6,5 мл дистильованої води і 0,5 мл реактиву Фоліна-Деніса, а через 3 хв 1 мл насиченого Na_2CO_3 і доводили об'єм до 10 мл дистильованою водою. Ретельно перемішували і через 30 хв визначали оптичну густину при 730 нм. Вміст ФС розраховували, використовуючи як стандарт хлорогенову кислоту [13].

Для визначення вмісту амінокислот наважку 1 г рослинного матеріалу розтирали в рідкому азоті, заливали 5 мл хлороформу для екстракції пігментів. Екстракцію проводили впродовж 12 год за температури 4°C. Після екстракції пігментів хлороформ зливали, а залишок висушували у потоці холодного повітря. До гомогенату доливали 5 мл літєвого буферу рН 2,2 такого складу: $\text{LiOH} \times \text{H}_2\text{O} - 5 \text{ г}$, $\text{HCl} 37\% - 9 \text{ мл}$, рідкий фенол – 1 мл, гліодітанол – 20 мл (для запобігання руйнуванню сірковмісних амінокислот), вода – до 1 л. Після настоювання у буфері 12 год за температури 4°C гомогенат центрифугували при 6000 об/хв. Осад відкидали, а до супернатанту додавали 40 мг сульфосаліцилової кислоти для осадження білків, перемішували і залишали на холоді на годину, після чого центрифугували. Отриманий супернатант застосовували для визначення вмісту АК на амінокислотному аналізаторі L-6001 фірми „Biotronik”, використовуючи програму для фізіологічних рідин (похибка аналізу не перевищує 3%) [12, 22]. Вміст білка визначали спектрофотометричним методом з використанням реактиву Бредфорда [21].

Результати і їхнє обговорення

Сірка є незамінним елементом рослинних клітин. Рослини поглинають сірку головним чином із ґрунту у вигляді SO_4^{2-} . Іншим джерелом надходження сірки в рослини є асиміляція SO_2 із повітря [11]. Токсичними сполуками сірки для рослин є сірководень і оксиди сірки. У теперішній час кількість територій, в атмосферному повітрі яких містяться сполуки сірки, збільшується. Одними з техногенних зон із підвищеним вмістом сірки не лише у субстраті, а й у повітрі, є відвали вугільних шахт, зокрема і відвал ЦЗФ. Вміст сірки у субстраті чорного кольору (неперегоріла порода) становив 5650 ± 12 мг/кг золи субстрату, а на червоному (перегоріла порода) 7480 ± 19 мг/кг золи субстрату, що у 35 і 47 разів відповідно перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК) сірки у ґрунтах [4]. Крім того, із 1 м³ терикона Червоноградського гірничопромислового району, що горить, протягом доби виділяється: 6,3 кг сірчаного газу, 0,6 кг сірководню й оксидів азоту, що може отруювати не лише рослини, але й екосистему загалом [15]. Тому першим етапом нашої роботи було вивчення вмісту сірки в органах *C. epigeios* на різних типах субстратів відвалу вугільних шахт, що допомогло знайти певні спільні закономірності (табл. 1).

Було виявлено, що в органах *C. epigeios*, який зріс на породах відвалу, спостерігалось збільшення вмісту сірки порівняно з рослинами, що росли у насадженнях сосни. Вміст сірки у *C. epigeios* позитивно корелював із її вмістом у субстратах відвалу. Нагромадження сірки органами куничника наземного на субстратах відвалу свідчить, на нашу думку, про існування детоксикуючого механізму надлишку сірки, яким може бути переведення її у

неактивні форми або включення у метаболізм. При аналізі нагромадження сірки в різних органах виявлена наступна закономірність: вміст сірки у пагонах з листками і коренях рослин кунічника наземного на породах відвалу збільшувався порівняно із рослинами, які були зібрані в лісі. У суцвіттях із насінням рослин спостерігався протилежний ефект. Можливим поясненням може бути те, що сірка як поживний елемент нагромаджується в коренях як основному органі (вегетативного) розмноження кунічника наземного, а не в насінні (генеративне розмноження). З іншого боку, це може бути захисний механізм рослин, який обмежує надходження надлишку сірки в насіння для збереження генетичного матеріалу і, тим самим, самозбереження виду.

Таблиця 1

Особливості розподілу сірки (мг/100 г сирової маси) у органах *Calamagrostis epigeios* за умов росту на субстратах породного відвалу

| Місце відбору | Частина рослини | М±m | % до контролю |
|----------------------------|---------------------|-------------|---------------|
| Ліс навколо ЦЗФ | Пагін із листками | 89,2±16,5 | 100 |
| | Корінь | 111,7±16,7 | 100 |
| | Суцвіття з насінням | 129,4±9,5 | 100 |
| Чорна порода відвалу ЦЗФ | Пагін із листками | 172,5±9,3 | 193 |
| | Корінь | 227,46±33,0 | 203 |
| | Суцвіття з насінням | 105,86±14,5 | 82 |
| Червона порода відвалу ЦЗФ | Пагін із листками | 260,8±23,1 | 292 |
| | Корінь | 157,8±14,8 | 141 |
| | Суцвіття з насінням | 64,7±7,8 | 50 |

Таблиця 2

Вміст пулу вільних амінокислот у *Calamagrostis epigeios* за умов росту на субстратах відвалу вугільних шахт (мкМ/1г)

| Амінокислота | Ліс ЦЗФ | | Чорна порода | | Червона порода | |
|---|----------|----------|--------------|----------|----------------|----------|
| | надземна | коренева | надземна | коренева | надземна | коренева |
| | частина | частина | частина | частина | частина | частина |
| Таурин | 0,184 | 0,428 | 0,436 | 0,313 | 0,510 | 0,651 |
| Аспарагінова к-та | 14,829 | 14,376 | 9,870 | 1,131 | 44,809 | 7,429 |
| Треонін | 9,002 | 12,136 | 10,548 | 8,512 | 24,513 | 2,364 |
| Серин | 19,411 | 22,999 | 15,823 | 15,46 | 33,398 | 11,669 |
| Глутамінова к-та | 4,247 | 58,312 | 3,115 | 8,688 | 5,934 | 2,372 |
| Саркозин | 1,356 | 0,355 | 0,776 | 0,171 | 19,601 | 0 |
| α-аміноадипінова кислота | 0,716 | 0,210 | 0,449 | 0,115 | 5,297 | 0,341 |
| Пролін | 19,403 | 28,725 | 31,921 | 41,644 | 94,179 | 4,769 |
| Гліцин | 2,986 | 4,192 | 4,978 | 3,635 | 5,648 | 5,492 |
| Аланін | 25,250 | 10,759 | 48,49 | 16,368 | 49,727 | 9,370 |
| Цитрулін | 0,336 | 1,165 | 0,103 | 0,114 | 0,639 | 0 |
| α-аміномасляна к-та | 0,162 | 0,145 | 0,215 | 0,077 | 1,710 | 0 |
| Валін | 10,657 | 8,202 | 12,223 | 9,819 | 23,448 | 3,569 |
| Цистин | 1,079 | 0,876 | 1,228 | 0,023 | 1,010 | 0 |
| Метіонін | 1,666 | 1,272 | 2,35 | 1,064 | 3,188 | 0,205 |
| Цистатіонін | 0,415 | 0,139 | 0,622 | 0,346 | 1,086 | 0 |
| Ізолейцин | 5,180 | 3,422 | 39,888 | 4,350 | 57,164 | 1,711 |
| Лейцин | 7,865 | 3,125 | 7,072 | 5,274 | 18,527 | 2,333 |
| Тирозин | 3,922 | 1,436 | 4,861 | 2,366 | 9,802 | 1,413 |
| Фенілаланін | 6,182 | 1,763 | 3,409 | 2,426 | 11,372 | 0,884 |
| β-аланін | 1,434 | 1,055 | 1,069 | 1,342 | 4,167 | 0 |
| γ-аміномасляна кислота | 23,768 | 1,055 | 31,186 | 14,786 | 40,346 | 2,802 |
| Орнітин | 0,716 | 4,864 | 0,443 | 1,803 | 0,696 | 2,340 |
| Лізин | -7,588 | 4,824 | 9,645 | 5,861 | 9,855 | 1,156 |
| 1-метилгістидин | 2,181 | 4,992 | 1,074 | 2,288 | 4,118 | 0,378 |
| Гістидин | 2,437 | 1,845 | 2,331 | 3,357 | 7,279 | 0,748 |
| 3-метилгістидин | 3,024 | 3,081 | 0,899 | 2,457 | 5,222 | 0 |
| Карнозин | 1,991 | 1,378 | 0,745 | 1,559 | 1,926 | 0,619 |
| Аргінін | 4,826 | 79,597 | 2,513 | 32,131 | 1,057 | 2,525 |
| Сумарний вміст сірковмісних амінокислот | 3,344 | 2,715 | 4,636 | 1,746 | 5,794 | 0,856 |
| Сумарний вміст амінокислот | 273,499 | 890,366 | 323,642 | 407,019 | 631,163 | 123,507 |

Наступним етапом досліджень було вивчення вмісту вільних амінокислот у органах куничника наземного (табл. 2) для з'ясування їхньої ролі у метаболічних шляхах адаптації цього виду до негативних факторів едафотопу відвалів. Вільні амінокислоти, які утворюються як за рахунок розщеплення білків, так і при їх біосинтезі, є дуже важливими складовими клітин рослин, особливо при стресах [1].

У клітині вільні амінокислоти (амфоліти) виконують роль буфера, зв'язують ті чи інші аніони й катіони, і зменшують їхню концентрацію, що є позитивним явищем для рослин, які перебувають в умовах підвищеного вмісту токсичних речовин у середовищі [10]. Сумарний вміст вільних амінокислот збільшувався у надземній частині на чорному і червоному субстратах у 1,2 та 2,3 разу, порівняно з контролем (ліс ЦЗФ), тоді як у підземній частині куничника наземного виявлено зменшення сумарного вмісту вільних амінокислот на субстратах відвалу відповідно у 2,2 і 7,2 разу. Сумарне зменшення кількості вільних амінокислот у підземних органах *C. epigeios*. є, ймовірно, результатом інгібування їхнього біосинтезу, що пов'язано, можливо, зі зниженням активності низки ферментів за дії токсичних факторів субстратів відвалу й активацією синтезу білка. Найвищий вміст у надземній частині контрольних рослин (понад 10 мкМ/1г) мали аланін, аспарагінова та γ -аміноасляна кислоти, валін, серин, пролін, дещо менший вміст (від 5 до 10 мкМ/1г) мали треонін, лейцин, ізолейцин, фенілаланін, лізин, у менших кількостях (від 1 до 5 мкМ/1г) виявлені глутамінова кислота, саркозин, гліцин, цистин, метіонін, тирозин, β -аланін, гістидин, 1-метилгістидин, 3-метилгістидин, карнозин, аргінін, у мізерних кількостях (< 1 мкМ/1г) відзначений вміст фосфосерину, α -аміноадипінової кислоти, цистатіоніну й орнітину. Зміни вмісту амінокислот у *C. epigeios* на субстратах відвалу пов'язані з їхньою приналежністю до різних груп. Сумарний вміст сірковмісних амінокислот (метіонін, цистин, цистатіонін, таурін, гомоцистин) збільшувався у листках рослин, які росли на субстратах відвалу порівняно з контрольними, що може свідчити про механізм нагромадження і зв'язування сірки метаболічним шляхом у надземних органах. Обернена залежність була у коренях *C. epigeios*. Це, вочевидь, пов'язано з тим, що корінь як первинний бар'єр надходження важких металів у рослину зв'язує їх за допомогою фітохелатинів. Зменшення кількості сірковмісних амінокислот у них, очевидно, спричинене запуском синтезу цих пептидів, до складу яких, окрім названих амінокислот, входять глутамінова кислота і гліцин, вміст яких у коренях в основному також зменшувався. Збільшення кількості проліну як унікальної стрес-протекторної сполуки покращує осмотичні властивості цитоплазми клітин куничника наземного за умов росту на субстратах відвалу і є захисною реакцією до значного вмісту важких металів у субстраті й водного дефіциту [16, 20, 26], адже субстрат відвалу характеризується високим ступенем (більше 96%) крупнозернистих фракцій (>1 мм), що спричиняє, у свою чергу, провальну водопроникність, відсутність водопідйомної здатності, низьку вологоємність [23]. Аналогічно змінюється вміст іншої «стресової» амінокислоти аланіну. Збільшення сумарного вмісту ароматичних амінокислот (фенілаланін, тирозин) у куничника наземного за росту на субстратах відвалу порівняно з контрольними рослинами є захисною реакцією, адже з них синтезуються фенольні сполуки, які, зокрема, є антистресовими сполуками [2, 17] (рис. 1).

Нагромадження основної амінокислоти – гістидину – може пояснюватися також захисною реакцією рослин на вміст важких металів, оскільки відомо, що гістидин є субстратом для фітохелатинсинтази [19]. Аналогічно збільшувався і вміст лізину в органах куничника.

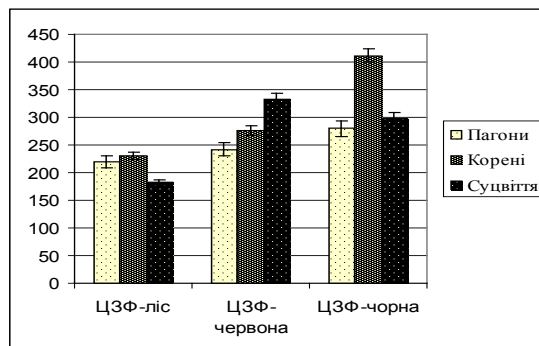


Рис. 1. Вміст спирторозчинних фенольних сполук у різних органах куничника наземного за зростання на різних субстратах (мг/100г).

Серин належить до групи амінокислот, які в рослинах утворюються в процесі фотосинтезу. Дослідженнями О. О. Сорочан [24] виявлено, що для амінокислотного пулу первинних листків диких злаків характерна висока кількість серину. Зменшення серину у надземній частині *S. epigeios* за росту на чорному субстраті та підземній частині за росту на чорному і червоному субстратах пов'язане, можливо, з інгібуванням декарбоксілювання гліцину та перетворенням його у серин під впливом ендогенних і екзогенних чинників у процесі фотодихання в пероксисомах, що видно за збільшенням вмісту гліцину.

Вміст γ -аміноасляної кислоти (ГАМК) підвищується за дії різного типу стресів, у зв'язку з тим, що вона сприяє відновленню активності мембран органелів клітин після стресів. У стресових умовах ГАМК може виконувати функції запасання азоту, якщо це не може відбуватися за рахунок утворення амінокислот або амідів [14], наприклад, глутамату або глутаміну. Вміст ГАМК у тканинах куничника наземного за умов росту на субстратах відвалу є великим. Отже, запасним депо аміаку, на наш погляд, виступає в основному ГАМК. Зниження більшою чи меншою мірою вмісту аспарагінової та глутамінової кислот у тканинах куничника наземного за умов росту на субстратах відвалу, можливо, пояснюється використанням їх у біосинтезі амідів (аспарагіну та глутаміну) (табл. 3), які є транспортною формою азоту в рослин. Показана обернена залежність між сумарним вмістом амідів у коренях і пагонах рослин, які росли на перегорілому та неперегорілому субстратах, порівняно з контрольними рослинами. Встановлено зменшення суми амідів у надземній частині на чорному субстраті та підземній частині на червоному порівняно з контрольними рослинами, протилежний ефект спостерігався в інших варіантах.

Таблиця 3

Вміст азотовмісних нігідринпозитивних сполук у *Calamagrostis epigeios* за умов росту на субстратах відвалу вугільних шахт (мкМ/1г)

| Сполука | Ліс ЦЗФ | | Чорна порода | | Червона порода | |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | надземна частина | коренева частина | надземна частина | коренева частина | надземна частина | коренева частина |
| Аміак | 7,732 | 9,399 | 8,538 | 7,458 | 10,381 | 11,497 |
| Глутамін | 39,502 | 42,638 | 33,725 | 28,934 | 127,019 | 0 |
| Аспарагін | 13,101 | 88,545 | 7,773 | 146,165 | 22,493 | 33,577 |
| Сума амідів | 52,603 | 131,183 | 41,498 | 175,099 | 149,512 | 33,577 |
| Фосфоетаноламін | 1,732 | 0,877 | 0,817 | 0,513 | 0,725 | 0,532 |
| Етаноламін | 9,067 | 10,711 | 17,765 | 9,842 | 13,712 | 4,499 |
| Сума азотовмісних сполук | 123,737 | 283,353 | 110,116 | 368,011 | 323,842 | 83,682 |
| Сума сполук (з амінокислотами) | 397,236 | 1173,719 | 436,375 | 775,030 | 955,005 | 207,189 |

У листках і коренях куничника наземного за росту на субстратах відвалу вміст аміаку був практично на рівні контролю з незначним збільшенням на червоній (перегорілій) породі, хоча цей показник можна вважати лише відносним, оскільки при екстракції літєвим буфером він міг зв'язувати аміак з повітря.

Наступним етапом було вивчення змін вмісту білка за умов росту куничника наземного на перегорілому та неперегорілому субстратах (табл. 4).

Як показали результати досліджень, вміст білка у листках і коренях рослин підвищувався за умов росту на неперегорілому та зменшувався на перегорілому субстратах порівняно з контролем. Збільшення кількості білка у суцвіттях і насінні *C. epigeios* за росту на субстратах відвалу, можливо, пов'язане з його синтезом для забезпечення успішного проростання насіння.

Таблиця 4

Вміст водорозчинних білків у *Calamagrostis epigeios* за умов росту на субстратах відвалу вугільних шахт (мг/100 г сирової маси)

| Місце відбору | Листки | Корені | Суцвіття з насінням |
|----------------|------------|------------|---------------------|
| Ліс ЦЗФ | 57,23±2,19 | 66,42±1,15 | 80,38±2,64 |
| Чорна порода | 84,78±2,33 | 70,19±3,14 | 86,54±1,88 |
| Червона порода | 57,11±2,18 | 52,33±1,10 | 116,86±4,03 |

Отримані результати вказують на те, що *C. epigeios* не є випадковим видом при природному самозаростанні породних відвалів вугільних шахт. Це один із низки видів при сукцесії рослинності відвалів, які виробили механізм захисту від надлишку сірки у субстратах. Нагромадження сірки у коренях і пагонах куничника виводить її з кругообігу елементів, сприяючи очищенню субстратів відвалу від високої кислотності й відновленню не лише екосистеми, в якій він перебуває, але і зменшенню техногенного навантаження на сусідні біогеоценози. Зміни вмісту вільних амінокислот і білка за умов росту куничника наземного на субстратах відвалу є пристосувальним механізмом, який сприяє нормальному ходу метаболізму в екстремальних умовах місцезростання на відвалі, зокрема і процесам вторинного обміну, що видно за зміною вмісту фенольних сполук. На фоні зменшення загального вмісту вільних амінокислот у перерахунку на всю рослину, що спостерігається за росту *C. epigeios* на обох субстратах, підвищується вміст стрес-протекторних амінокислот – проліну, аланіну, валіну, лейцину, ізолейцину, тирозину, лізину та γ -аміномасляної кислоти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Авксентьєва О. О. Роль білкової системи у формуванні адаптивних реакцій до посухи на ранніх етапах онтогенезу озимої пшениці: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.12. Харків, 2004. 21 с.
2. Барабой В. А. Биологическое действие растительных фенольных соединений. К.: Наук. думка, 1976. 260 с.
3. Баранов В. І. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАГ «Львів-системенерго» як об'єкта для озеленення // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2008. Вип. 46. С. 172–178.
4. Баранов В. І., Гавриляк М. Я., Телегус Я. В. Зміни вмісту сірки, вільних амінокислот і білка в рослинах ріпаку, підживлених капсульованими добривами на субстратах породного відвалу вугільних шахт // Біологічні студії. 2010. Т. 4. № 1. С. 53–62.
5. Баранов В. І., Гузь М. М., Гавриляк М., Ващук С. П. Вивчення вмісту важких металів у деревних рослин на девастованих ґрунтах породного відвалу вугільних шахт // Наук. вісник УкрДЛТУ. 2010. Вип. 20.1. С. 68–72.

6. Баранов В. І., Книш І. Б. Хіміко-мінералогічний склад порід відвалу вугільних шахт ЦЗФ «Львівсистеменерго» та їх вплив на проростання насіння // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку: Матеріали V Міжнар. наук. конф. Донецьк, 2007. С. 36–37.
7. Бешлей С. В., Баранов В. І., Козловський В. І., Козловський М. П. Уміст важких металів у куничнику наземному (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) за умов росту на субстратах породних відвалів вугільних шахт // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2011. Вип. 57. С. 145–150.
8. Бешлей С. В., Баранов В. І., Микієвич І. М. Зміна субстратів відвалів породи Червоноградського гірничопромислового району при заростанні куничником наземним (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) // Біологічні студії. 2010. Т. 4. № 2. С. 75–82.
9. Бешлей С. В., Фецько З. М., Баранов В. І. Польова вологість і температура субстрату породних відвалів під заростями куничника наземного // Захист навколишнього середовища. Збалансування природокористування: Матеріали IV Студ. наук.-практ. конф. Львів, 2011. С. 36–38.
10. Гребинский С. Биохимия растений. Львов: Вища школа, Изд-во при Львов. ун-те, 1967. 272 с.
11. Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М. Краткий справочник по физиологии растений. К.: Наук. думка, 1964. 388 с.
12. Дэвени Т., Гергей Я. Аминокислоты, пептиды и белки. М.: Мир, 1976. С. 173–186.
13. Запрометов М. Н. Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 191
14. Землянхун А. А., Иванов Б. Ф., Еришова А. Н. Организация метаболизма гамма-аминомасляной кислоты в растениях // Успехи современной биологии. 1979. Вип. 2. С. 185–189.
15. Книш І. Б., Харкевич В. В. Розподіл вмісту хімічних елементів у породах териконів Червоноградського гірничо-промислового району // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол. 2003. Вип. 17. С. 148–158.
16. Кобилецька М. С. Адаптація рослин кукурудзи та сої до токсичної дії іонів кадмію: автореф. дис. ... канд біол. наук: 03.00.12. Львів, 2003. 20 с.
17. Кобилецька М., Терек. О. Вплив іонів кадмію на вміст фенольних сполук та вільного проліну в рослинах кукурудзи // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2002. Вип. 28. С. 311–316.
18. Колесниченко А. В., Войников В. К. Белки низкотемпературного стресса растений. Иркутск: Арт-Пресс, 2003. 196 с.
19. Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений. М.: Высш. школа, 2006. 742 с.
20. Кузнецов В. В., Шевякова Н. И. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // Физиология растений. 1999. Т. 46. № 2. С. 321–336.
21. Мусієнко М. М., Паршикова Т. В., Славний П. С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2001. 153с.
22. Пleshков Б. П. Практикум по биохимии растений. Изд. 2-е. М.: Колос, 1976. С. 115–117.
23. Почвоведение / Под ред. И.С. Кауричева. М.: Агропромиздат, 1989. 719 с.
24. Сорочан О. О. Вільні амінокислоти злаків на перших фазах пророщування під впливом деяких факторів: автореф. дис. ... канд біол. наук: 03.00.04. Чернівці. 2001. 16 с.
25. Шакирова Ф. М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001. 160 с.
26. Шевякова Н. И. Метаболизм и физиологическая роль пролина при водном и солевом стрессе // Физиология растений. 1983. Т. 30. С. 768–783.

Стаття: надійшла до редакції 10.01.12

доопрацьована 06.02.12

прийнята до друку 09.02.12

SOME BIOCHEMICAL INDEXES OF THE *CALAMAGROSTIS EPIGEIOS* (L.) ROTH ADAPTATION TO COAL MINE ROCK DUMPS SOIL CONDITIONS

V. Baranov¹, S. Beshley², J. Telegus³

¹*Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskiy St., Lviv 79005, Ukraine*

²*Institute of Ecology of the Carpathians of NAS of Ukraine
4, Kozelnytska St., Lviv 79026, Ukraine
e-mail: beshley.stepan@gmail.com*

³*Institute of Biology of Animals
38, Stus St., Lviv 79034, Ukraine*

The analysis of sulfur content, the proteins and pool of amino acids, phenolic compounds in the *Calamagrostis epigeios* was done. It was shown that the multifactor stress effect, such as dumps conditions (significant amounts of heavy metals, acidity and high temperature, almost no organic matter in the substrate, low moisture), caused significant changes in the accumulation of these compounds. This may have a protector-adaptive role and be an indicator of resistance of type.

Keywords: coal mine rock dumps, *Calamagrostis epigeios*, sulfur, protein, phenols, amino acids.

НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АДАПТАЦИИ ВЕЙНИКА НАЗЕМНОГО (*CALAMAGROSTIS EPIGEIOS* (L.) ROTH) К УСЛОВИЯМ ЭДАФОТОПА ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

В. Баранов¹, С. Бешлей², Я. Телегус³

¹*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина*

²*Институт экологии Карпат НАН Украины
ул. Козельницкая, 4, Львов 79026, Украина
e-mail: beshley.stepan@gmail.com*

³*Институт биологии животных НАН Украины
ул. Стуса, 38, Львов 79034, Украина*

Проведен анализ содержания серы, белка, пула аминокислот и фенольных соединений в органах вейника наземного. Показано, что при действии компонентов многофакторного стресса, какими являются условия отвала (значительное содержание тяжелых металлов, кислотность и высокая температура, практически отсутствие органической массы в субстрате, низкая увлажненность) происходят значительные изменения в накоплении этих соединений, что может иметь протекторно-адаптивное значение и быть одним из показателей устойчивости вида.

Ключевые слова: породные отвалы угольных шахт, вейник наземный, сера, белок, фенолы, аминокислоты.